

Japanese Patent Application Preliminary Publication No. 2000-241751

Laid open on: September 8, 2000
Title of Invention: Image Display Device
Patent Application No.: Hei 11-44488
Filed on: February 23, 1999
Inventor: Ichiro KASAI
Inventor: Hideki OSADA
Applicant: Minolta Co., Ltd.

--- translation of the portion marked A on page 3-8 (paragraphs
[0019]-[0059]) ---

[Modes for Carrying out Invention] In reference to the drawings, the modes for carrying out the image display device of the present invention will be described. The configuration of the optical system in an image display device 1 of the first embodiment is shown in Fig. 1. The image display device 1 comprises a reflecting-type liquid crystal display 11, a light source section 12, a PBS mirror 14 and a prism 16.

[0020] The light source section 12 comprises a plurality of lamps 12a arranged in a straight line and a light transmitting plate 12b. The light source section 12 supplies illumination light for illuminating the liquid crystal display 11. The lamps 12a emit light having random planes of polarization. The light transmitting plate 12b is constructed with a multitude of triangular microprisms coplanarly arranged, and receives, on its lateral face, pencils of light from the lamps 12a and converts them as a beam of light having a sufficiently large diameter as to illuminate the entire display surface of the liquid crystal display 11 by reflecting the pencils of light at the individual microprisms.

[0021] The PBS mirror 14 reflects light from the light transmitting plate

12B to introduce it to the liquid crystal display 11, while transmitting an image carried by light reflected from the liquid crystal display 11 to introduce it to the prism 16. The PBS mirror 14 is designed to transmit a polarized component that is incident thereon as the P-polarized light and to transmit light that is incident thereon as the S-polarized light. Out of the light from the light transmitting plate 12b, only a polarized component that is S-polarized in reference to the PBS mirror 14 is reflected to be introduced to the liquid crystal display 11, while light that is P-polarized in reference to the PBS mirror is transmitted and cast away.

[0022] The liquid crystal display 11 reflects the given illumination light, and modulates the illumination light using the displayed image so as to rotate, by 90° , the plane of polarization of a part of light reflected therefrom. In the image display device 1, drive of the liquid crystal display 11 is controlled so that the polarized component whose plane of polarization is rotated by 90° becomes image-carrying light. Therefore, the image-carrying light, which is contained in the reflected light from the liquid crystal display 11, becomes P-polarized in reference to the PBS mirror 14 and thus is transmitted through the PBS mirror 14. Light whose plane of polarization is unchanged, which is contained in the reflected light from the liquid crystal display 11, remains S-polarized and thus is reflected and cast away.

[0023] The prism 16 is made of Polymethyl methacrylate (PMMA). The prism 16 is designed to introduce the reflected light from the liquid crystal display 11 given via the PBS mirror 14 into the pupil EP of the observer, and has surfaces 17, 18, 19 as surfaces effecting this design. The surface

17 is a plane surface and is designed to transmit all of the light from the PBS mirror 14. The surface 18 also is a plane surface, but is arranged so that the light transmitted through the surface 17 is incident thereon at angles greater than the critical angle and thus the light transmitted through the surface 17 is totally reflected at the surface 18.

[0024] The surface 19 is a convex surface that is an anamorphic aspherical surface rotationally asymmetric with respect to the optical axis. A reflecting film which is totally reflective is formed on the surface 19. The surface 19 acts as a concave mirror with a positive power for light travelling from the side of the surface 18. The surface 19 is designed so as to reflect the light that has been totally reflected by the surface 18, and to make it re-incident on the surface 18 at incident angles smaller than the critical angle. Therefore, the light incident on the surface 19 is reflected, at reflecting angles different from the incident angles, and is transmitted through the surface 18 to enter the pupil EP of the observer as being converged.

[0025] The observer is to view the display surface of the liquid crystal display 11 via the surface 19, so as to observe an enlarged virtual image of the displayed image. The three surfaces 17, 18, 19 of the prism 16 introduce the reflected light from the liquid crystal display 11, which light has been separated from the illumination light, into the pupil EP of the observer, to form an observation optical system which provides the observer a virtual image of the displayed image. Of these surfaces, the surface 18 is a selective reflecting surface which transmits or reflects light in accordance with direction of the incident light.

[0026] Two sets of the image display device 1 of the above-mentioned

configuration are able to form a HMD or a handy-type binocular apparatus. Also, the image display device can be incorporated, to be used as a viewfinder, into a photographing apparatus such as a video camera which converts a photographed image into electric signals. As described above, the image display device 1 employs a non-coaxial optical system as an observation optical system, to thereby be a small-sized device in the direction of the observer's line of sight, or a thin device.

[0027] The configuration of the optical system in an image display device 2 of the second embodiment is shown in Fig. 2. The image display device 2 comprises a reflecting-type liquid crystal display 21, a light source section 22, a condenser lens 23, and a prism 26. The light source section 22 comprises a lamp 22a which emits illumination light to be supplied to the liquid crystal display 21, and a reflector 22b which reflects the light emitted from the lamp 22a. The condenser lens 23 has two convex surfaces 24, 25 and introduces the illumination light from the light source section 22 to the liquid crystal display 21 as a substantially parallel beam of light.

[0028] The prism 26 is made of PMMA and has surfaces 27, 28, 29 which are effective in determining the travelling path of light. The surface 27 is an anamorphic aspherical concave surface and is constructed with a PBS mirror that transmits P-polarized light and reflects S-polarized light. Out of the light from the light source section 22 having random planes of polarization, a polarized component that is P-polarized in reference to the PBS mirror 27 is transmitted and cast away and a polarized component that is S-polarized in reference to the PBS mirror 27 is reflected to be introduced to the condenser lens 23. The light from the

light source section 22 is a divergent beam of light, but is made less divergent by the PBS mirror 27 as a concave surface, and is converted into a substantially parallel beam of light by the condenser lens, to be incident on the liquid crystal display 21.

[0029] In the image display device 2 also, the liquid crystal display 21 is controlled so that the polarized component whose plane of polarization is rotated by 90° becomes image-carrying light. Reflected light from the liquid crystal display 21 is transmitted through the condenser lens 23 and is re-incident on the PBS mirror 27. Out of this light, the image-carrying light is P-polarized in reference to the PBS mirror 27 and thus is transmitted through the PBS mirror 27 toward the surface 28. Light whose plane of polarization remains unchanged after the modulation remains S-polarized and thus is reflected and cast away.

[0030] The surface 28 also is a concave anamorphic aspherical surface. The surface 28 is designed so that the light reflected from the liquid crystal display 21 and transmitted through the PBS mirror 27 is incident thereon at angles greater than the critical angle, and thus the light transmitted through the PBS mirror 27 is totally reflected at the surface 28.

[0031] The surface 29 is an anamorphic aspherical convex surface. A reflecting film which is totally reflective is formed on the surface 29. The surface 29 acts as a concave mirror with a positive power for light travelling from the side of the surface 28. The surface 29 is designed to reflect the light that has been totally reflected by the surface 28 and to make it re-incident on the surface 28 at incident angles smaller than the critical angle. The light incident on the surface 29 is reflected,

at reflecting angles different from the incident angles, and is transmitted through the surface 28 to enter the pupil EP of the observer as being converged.

[0032] In the image display device 2, the surface (PBS mirror) 27 formed on the prism 26 is a half-transmissive reflecting element which separates the light reflected from the liquid crystal display 21 from the illumination light. Also, the three surfaces 27, 28, 29 of the prism 26 introduce the reflected light from the liquid crystal display 21, which light has been separated from the illumination light, into the pupil EP of the observer, to form an observation optical system which provides the observer a virtual image of the displayed image. The surface 27 acts both as a half-transmissive reflecting element for light separation and as a part of the observation optical system.

[0033] In the image display device 2, the condenser lens 23 is provided and the light source section 22 is disposed at the position conjugate with the pupil EP. Therefore, the light transmitting plate 12b, which is necessary for the image display device 1 of the first embodiment, is not necessary, and it is sufficient for the light source section 22 to provide a point light source 22a and the reflector 22b.

[0034] The specific parameter setting of the optical system in the image display device 2 is shown in Table 1 and Table 2.

[0035]

[Table 1]

Surface (Ref.)	Medium	Radius of Curvature	
1(EP)	AIR	∞	
2(28)	PNMA	11058.404	Anamorphic Aspherical Surface
			KY= 0.00000 KX= 0.00000 RDX=-341.841
			AR=-0.48685 $\times 10^{-5}$ AP=-0.42123
			BR= 0.12906 $\times 10^{-8}$ BP=-0.53675
			CR=-0.18820 $\times 10^{-9}$ CP=-0.47382
			DR= 0.00000 DP= 0.00000
3(29)	PNMA	-68.184	Anamorphic Aspherical Surface
			KY= 23.380 KX= 22.127 RDX=-56.191
			AR= 0.17262 $\times 10^{-4}$ AP=-0.82697 $\times 10^{-1}$
			BR=-0.26953 $\times 10^{-8}$ BP=-0.93029 $\times 10^{-2}$
			CR= 0.49031 $\times 10^{-8}$ CP= 0.27642 $\times 10^{-2}$
			DR=-0.27125 $\times 10^{-10}$ DP= 0.19650 $\times 10^{-1}$
4(28)	PNMA	11058.404	Anamorphic Aspherical Surface
			KY= 0.00000 KX= 0.00000 RDX=-341.841
			AR=-0.48685 $\times 10^{-5}$ AP=-0.42123
			BR= 0.12906 $\times 10^{-8}$ BP=-0.53675
			CR=-0.18820 $\times 10^{-9}$ CP=-0.47382
			DR= 0.00000 DP= 0.00000
5(27)	AIR	99.987	Anamorphic Aspherical Surface
			KY= 0.00000 KX= 0.00000 RDX= 100.000
			AR=-0.17224 $\times 10^{-8}$ AP=-0.51982 $\times 10^{-1}$
			BR= 0.32767 $\times 10^{-6}$ BP= 0.25372 $\times 10^{-1}$
			CR= 0.10800 $\times 10^{-8}$ CP=-0.10101 $\times 10^{-1}$
			DR= 0.00000 DP= 0.00000
6(25)	PNMA	40.000	
7(24)	AIR	-40.000	
8(21)	AIR	∞	
9(24)	PNMA	-40.000	
10(25)	AIR	40.000	
11(27)	AIR	99.987	Anamorphic Aspherical Surface
			KY= 0.00000 KX= 0.00000 RDX= 100.000
			AR=-0.17224 $\times 10^{-8}$ AP=-0.51982 $\times 10^{-1}$
			BR= 0.32767 $\times 10^{-6}$ BP= 0.25372 $\times 10^{-1}$
			CR= 0.10800 $\times 10^{-8}$ CP=-0.10101 $\times 10^{-1}$
			DR= 0.00000 DP= 0.00000
12(23)	AIR	∞	

[0036]

[Table 2]

Surface (Ref.)	XSC	YSC	ZSC	ASC	BSC	CSC
1(EP)	0.000	0.000	0.000	0.00	0.00	0.00
2(28)	0.000	3.340	10.000	14.49	0.00	0.00
3(29)	0.000	0.717	18.781	-15.37	0.00	0.00
4(28)	0.000	3.340	10.000	14.49	0.00	0.00
5(27)	0.000	13.180	12.784	84.78	0.00	0.00
6(25)	0.000	17.891	18.168	44.29	0.00	0.00
7(24)	0.000	19.636	17.955	44.29	0.00	0.00
8(21)	0.000	20.636	18.309	51.78	0.00	0.00
9(24)	0.000	19.636	17.955	44.29	0.00	0.00
10(25)	0.000	17.891	18.168	44.29	0.00	0.00
11(27)	0.000	13.180	12.784	84.78	0.00	0.00
12(23)	0.000	21.147	13.512	118.78	0.00	0.00

[0037] In Table 1, the parameters regarding each anamorphic aspherical surface determine SAG Z in the direction of Z axis defined by Expression 1, upon the intersection of each surface with the optical axis being taken as the origin and the optical axis being taken as Z axis (unit: mm). RDX represents the radius of curvature in X -axis direction.

[0038]

$$\begin{aligned}
 Z = & (CUX \cdot X^2 + CUY \cdot Y^2) / [1 + \{1 - (1 + KX) \cdot CUX^2 \cdot X^2 - (1 + KY) \cdot CUY^2 \cdot Y^2\}^{1/2}] \\
 & + AR \cdot \{(1 - AP) \cdot X^2 + (1 + AP) \cdot Y^2\}^2 \\
 & + BR \cdot \{(1 - BP) \cdot X^2 + (1 + BP) \cdot Y^2\}^3 \\
 & + CR \cdot \{(1 - CP) \cdot X^2 + (1 + CP) \cdot Y^2\}^4 \\
 & + DR \cdot \{(1 - DP) \cdot X^2 + (1 + DP) \cdot Y^2\}^5
 \end{aligned}$$

Expression 1

where CUX , CUY are the reciprocals of the radii of curvature in X -axis direction and Y -axis direction, respectively.

[0039] Table 2 shows the relative positional relationship between the surfaces, where the center of the pupil EP is taken as the origin and the axis perpendicular to the pupil surface (the first surface) is taken as Z axis. XSC , YSC , ZSC represent X , Y , Z components (unit: mm) of the intersection of each surface with its optical axis, and ASC , BSC , CSC represent rotation angles (unit: degree) of each surface from the pupil surface with respect to X axis, Y axis and Z axis.

[0040] The configuration of the optical system in an image display device 3 of the third embodiment is shown in Fig. 3. The image display device 3 comprises a reflecting-type liquid crystal display 21, a light source section 32, a condenser lens 33, a prism 36 and a prism 41. The light source section 32 comprises a lamp 32a which emits illumination light to be supplied to the liquid crystal display 31, a reflector 32b which

reflects the light emitted from the lamp 32a, and a stop 32c which regulates the diameter of the beam of light, and is disposed adjacent to the prism 36. The condenser lens 33 has two convex surfaces 34, 35 and introduces the illumination light from the light source section 32 to the liquid crystal display 31 as a substantially parallel beam of light.

[0041] The prism 36 is constructed of two prisms 36a, 36b made of PMMA bonded together. The bonded surface 37 of the prisms 36a, 36b is a curved surface and is formed as a PBS mirror which transmits P-polarized light and reflects S-polarized light. Besides the surface 37, the prism 36 has three surfaces 38, 39, 40. The surface 38 is a plane surface. The surface 40 is a convex surface. The surface 39 is an anamorphic aspherical convex surface on which a totally reflective reflecting film is formed. As a result, the surface 39 acts as a concave mirror with a positive power for light travelling from the side of the surface 38.

[0042] The prism 41 also is made of PMMA. The prism 41 has a plane surface 42 and a convex surface 43, and is arranged so that the surface 42 faces a part of the surface 38 of the prism 36b. The surface 38 and the surface 42 are parallel to each other. Between the surface 38 and the surface 42, a minute space less than several tens of micrometers is formed. The surface 38 and the surface 42 form a TIR (total internal reflection) surface.

[0043] Illumination light from the light source section 32 is incident on the PBS mirror 37, where a polarized component which is P-polarized in reference to the PBS mirror 37 is transmitted and cast away, and a polarized component which is S-polarized in reference to the PBS mirror 37 is reflected to be introduced to the condenser lens 33 via the surface

40. The light from the light source section 32 is a divergent beam of light, but is made less divergent by the PBS mirror 37 as a concave surface and the surface 40 as a convex surface, and is converted into a substantially parallel beam of light by the condenser lens 33, to be incident on the liquid crystal display 31.

[0044] In the image display device 3 also, the liquid crystal display 31 is controlled so that the polarized component whose plane of polarization is rotated by 90° becomes image-carrying light. Reflected light from the liquid crystal display 31 is transmitted through the condenser lens 33 and the surface 40 and is re-incident on the PBS mirror 37. Out of this light, the image-carrying light is P-polarized in reference to the PBS mirror 37 and thus is transmitted through the PBS mirror 37 toward the surface 38. Light whose plane of polarization remains unchanged after the modulation remains S-polarized and thus is reflected and cast away.

[0045] The surface 38 is designed so that the light reflected from the liquid crystal display 31 and transmitted through the PBS mirror 37 is incident thereon at angles greater than the critical angle, and thus the light transmitted through the PBS mirror 37 is totally reflected at the surface 38. As described before, the prism 41 faces a part of the surface 38. However, since there is air between the surface 38 and the surface 42, the light from the PBS mirror 37 is totally reflected at any portion of the surface 38.

[0046] The surface 39 is designed to reflect the light that has been totally reflected by the surface 38 and to make it re-incident on the surface 38 at incident angles smaller than the critical angle. The light

incident on the surface 39 is reflected, at reflecting angles different from the incident angles, and is transmitted through the surface 28 and further through the surface 42 as being converged. This light is transmitted through the surface 43 which acts as a convex lens, to enter the pupil EP of the observer as being further converged.

[0047] In the image display device 3, the surface (PBS mirror) 37 formed on the prism 36 is a half-transmissive reflecting element which separates the light reflected from the liquid crystal display 21 from the illumination light. Also, the two surfaces 37, 38 of the prism 36 and the surface 43 of the prism 41 introduce the reflected light from the liquid crystal display 31, which light has been separated from the illumination light, into the pupil EP of the observer, to form an observation optical system which provides the observer a virtual image of the displayed image. Also, the light source section 32 is disposed at the position conjugate with the pupil EP.

[0048] The specific parameter setting of the optical system in the image display device 3 is shown in Table 3 and Table 4.

[0049]

[Table 3]

Surface (Ref.)	Medium	Radius of Curvature	
1(EP)	AIR	∞	
2(43)	PMMA	17.532	Rotationally Symmetric Aspherical Surface
			K= 0.00000
			A= 0.74918×10^{-4} B= -0.10495×10^{-5}
			C= 0.36265×10^{-7} D= -0.56350×10^{-9}
			E= 0.29564×10^{-11} F= 0.00000
			G= 0.00000 H= 0.00000
3(39)	PMMA	-141.623	Anamorphic Aspherical Surface
			KY= -0.99510 IX= 50.749 RDX= -126.067
			AR= 0.23736×10^{-4} AP= -0.15419
			BR= -0.16049×10^{-6} BP= -0.88362×10^{-1}
			CR= 0.64822×10^{-8} CP= 0.81547×10^{-1}
			DR= -0.55879×10^{-10} DP= 0.98922×10^{-1}
4(38)	PMMA	∞	
5(40)	AIR	-40.000	
6(35)	PMMA	30.000	
7(34)	AIR	-30.000	
8(31)	AIR	∞	
9(34)	PMMA	-30.000	
10(35)	AIR	30.000	
11(40)	PMMA	-40.000	
12(37)	PMMA	70.000	
13(33)	AIR	∞	

[0050]

[Table 4]

Surface (Ref.)	XSC	YSC	ZSC	ASC	BSC	CSC
1(EP)	0.000	0.000	0.000	0.00	0.00	0.00
2(43)	0.000	0.000	10.000	0.00	0.00	0.00
3(39)	0.000	-0.039	19.000	-13.17	0.00	0.00
4(38)	0.000	1.237	13.547	25.00	0.00	0.00
5(40)	0.000	17.558	18.171	74.41	0.00	0.00
6(35)	0.000	17.894	18.293	74.41	0.00	0.00
7(34)	0.000	20.402	18.965	74.41	0.00	0.00
8(31)	0.000	20.722	18.931	71.38	0.00	0.00
9(34)	0.000	20.402	16.965	74.41	0.00	0.00
10(35)	0.000	17.994	18.293	74.41	0.00	0.00
11(40)	0.000	17.558	16.171	74.41	0.00	0.00
12(37)	0.000	12.280	14.893	34.41	0.00	0.00
13(33)	0.000	17.348	22.118	-0.59	0.00	0.00

[0051] The parameters regarding each anamorphic aspherical surface shown in Table 3 are those to determine Expression 1 shown above. Also, the parameters shown in Table 4 represent those stated above. In Table 3, the parameters regarding each rotationally symmetric aspherical surface determine SAG Z in the direction of Z axis defined by Expression 2, upon the intersection of each surface with the optical axis being taken as the origin and the optical axis being taken as Z axis (unit: mm).

[0052]

$$Z = c \cdot h^2 / [1 + \{1 - (1 + K) \cdot c^2 \cdot h^2\}^{1/2}] + A \cdot h^4 + B \cdot h^6 + C \cdot h^8 + D \cdot h^{10} \quad \text{Expression 2}$$

where $h = (X^2 + Y^2)^{1/2}$ and c is the reciprocal of the radius of curvature.

[0053] In the image display device 3, since the surface 42 is provided to form the TIR surface together with the surface 38, all of the light transmitted through the surface 38 is allowed to go straight. Therefore, the tilt of the concave mirror 39, which is required to be tilted with respect to the surface 38 so as to cause the light that is totally reflected by the surface 38 to be re-incident on the surface 38 at angles smaller than the critical angle, can be set small. As a result, generation of decentered aberrations can be repressed because of the small decentering amount of the concave mirror 39.

[0054] Furthermore, since the convex lens surface 43 is provided in addition to the concave mirror 39, the power to converge the reflected light from the liquid crystal display 31 is distributed between them. As a result, generation of decentered aberrations can be further repressed because the curvature of the concave mirror surface 39 is allowed to be small.

[0055] Also, since the surface 43 having the positive power is located

close to the pupil EP, the eyepoint can be easily secured.

[0056] The configuration of the optical system in an image display device 4 of the fourth embodiment is shown in Fig. 4. The image display device 4 comprises a reflecting-type liquid crystal display 51, a light source section 52, a condenser lens 53, a PBS mirror 54 and a pancake-type optical element 56. The PBS mirror 54 is designed to transmit P-polarized light and to reflect S-polarized light. The liquid crystal display 51 is controlled so that light whose plane of polarization is rotated by 90° becomes the image-carrying light.

[0057] Out of illumination light from the light source section 52, a component that is S-polarized in reference to the PBS mirror 54 is reflected to be introduced to the condenser lens 53. The condenser lens 53 makes this light to be incident on the liquid crystal display 51 as a substantially parallel beam of light. The light modulated and reflected by the liquid crystal display 51 is transmitted through the condenser lens 53, to be incident on the PBS mirror 54. Out of this light, only the polarized component that carries the image is transmitted through the PBS mirror 54, to be incident on the optical element 56.

[0058] The PBS mirror 54-side surface 57 of the optical element 56 is a convex surface constructed as a half mirror. The other surface 58 of the optical element 56 is a concave surface and is provided with a cholesteric liquid crystal layer, to be a selective reflecting surface. A half of the light incident on the optical element 56 is transmitted through the surface 57 and is incident on the surface 58 as being weakly converged. This light is reflected at the surface 58 to be re-incident on the surface 57, where the half of it is reflected. The light reflected

by the surface 57 is transmitted through the surface 58 to enter the pupil EP of the observer as being converged further.

[0059] In the image display device 4, the observation optical system is formed of the two surfaces 57, 58. Of these surfaces, the surface 57 is a concave surface mirror having a positive power. While having such a simple structure, the image display device 4 can provide a bright, fine, sharp and wide-field image to the observer.

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2000-241751

(P2000-241751A)

(43) 公開日 平成12年9月8日 (2000.9.8)

(51) Int.Cl.

G 0 2 B 27/02

識別記号

F I

G 0 2 B 27/02

テマコード* (参考)

Z

審査請求 未請求 請求項の数2 O L (全9頁)

(21) 出願番号 特願平11-44488

(22) 出願日 平成11年2月23日 (1999.2.23)

(71) 出願人 000006079

ミノルタ株式会社

大阪府大阪市中央区安土町二丁目3番13号

大阪国際ビル

(72) 発明者 笠井 一郎

大阪市中央区安土町二丁目3番13号 大阪

国際ビル ミノルタ株式会社内

(72) 発明者 長田 英喜

大阪市中央区安土町二丁目3番13号 大阪

国際ビル ミノルタ株式会社内

(74) 代理人 100085501

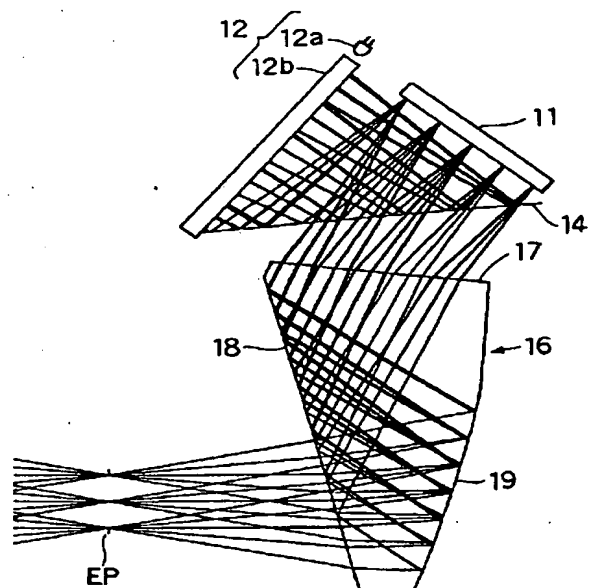
弁理士 佐野 静夫

(54) 【発明の名称】 映像表示装置

(57) 【要約】

【課題】 観察者の眼前にて使用される映像表示装置を小型、軽量の構成に保ちながら、提供する映像の質の向上を図る。

【解決手段】 映像表示装置に、映像を表示する表示素子として反射型の液晶表示器を備え、凹面ミラーを含む観察光学系で、表示した映像を拡大して観察者の眼に導く。光源からの照明光を液晶表示器に導き、液晶表示器の反射光を観察光学系に導く半透過性の反射素子を液晶表示器と観察光学系の間に配置して、照明光と反射光とを分離する。



1

【特許請求の範囲】

【請求項1】 観察者の眼前に配置されて、表示した映像の虚像を観察者に提供する映像表示装置において、映像を表示する反射型の液晶表示器と、前記液晶表示器に与える照明光を供給する光源部と、前記光源部からの照明光を前記液晶表示器に導くとともに、前記液晶表示器の反射光を前記光源部に向かう方向とは異なる方向に導く半透過性の反射素子と、光学的パワーを有する反射面を少なくとも1つ含み、前記半透過性の反射素子によって導かれた前記液晶表示器の反射光を観察者の眼に導いて、前記液晶表示器に表示された映像の虚像を観察者に提供する観察光学系とを備えることを特徴とする映像表示装置。

【請求項2】 前記反射面は正のパワーを有する凹反射面であることを特徴とする請求項1に記載の映像表示装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、観察者の眼前に配置されて使用される映像表示装置に関し、特に、反射型液晶表示器によって映像を表示する映像表示装置に関する。

【0002】

【従来の技術】 頭部に装着され、あるいは手で保持されて、観察者の眼前にて使用される映像表示装置があり、仮想の現実を臨場感豊かに提供する手段として、あるいはビデオカメラ等の撮影機器に組み込まれてファインダーとして多用されている。このような映像表示装置は、表示した映像の光を観察光学系を介して観察者の眼に導き、映像を拡大された虚像として観察者に提供するように構成されている。

【0003】 観察者に提供する映像は、明るく、精細度が高く、特に仮想現実を提供する場合は、視野も広いことが望ましい。その一方で、頭部への装着または手での保持という使用形態から、装置は小型かつ軽量であることが強く要求される。このような要求を満たし得る表示素子に液晶表示器があり、眼前にて使用される映像表示装置の大半が液晶表示器を採用している。

【0004】 液晶表示器は2次元に配列された多数の画素を有しており、与えられる照明光を各画素で偏光変換して、変換後の光に偏光の強度分布の変化をもたらすことにより光の変調を行う。各画素の偏光変換は映像信号に応じて個別に制御され、画素ごとに偏光変換の程度は異なる。その結果、画素間で変換後の偏光の量に差が生じ、量に差の生じた偏光を眼に導くことにより、輝度に差のある像すなわち映像が提供される。

【0005】 液晶表示器は、観察側の反対側から照明光を与える透過型と、観察側と同じ側から照明光を与える反射型に大別される。反射型液晶表示器は透過型液晶表示器に比べて様々な長所がある。液晶表示器の各画素を

制御するTFT等の回路部分にはある程度の大きさが必要であるが、透過型液晶表示器ではこれらの回路部分が各画素の開口を小さくする要因となるのに対し、反射型液晶表示器では、回路部分を観察側と反対側の面に配置することが可能であるため、回路部分による開口率の低下が少なくなって明るい画像が得られる。

【0006】 透過型液晶表示器と反射型液晶表示器の開口率の差異は、画素を小さくするほど顕著になる。したがって、同じ画素数で明るさも同じにする場合には、反射型液晶表示器の方がより小型に形成することができる。一方、表示器の大きさを同じにする場合には、反射型液晶表示器の方がより多数の画素を備え得ることになり、より精細度の高い画像を提供することができる。

【0007】 また、反射型液晶表示器では偏光変換を行う液晶層の厚さを透過型液晶表示器よりも薄くすることが原理的に可能である。このため、反射型液晶表示器の方が表示の切り替えをより速やかに行うことができる。

【0008】 このような特長をもつ反射型液晶表示器を用いれば、眼前にて使用される映像表示装置に求められる明るく高精細な画像の達成に大きく寄与することになる。しかも、表示器の大きさが小さくなることにより観察光学系を小さくすることが可能になって、装置を小型化することも容易になる。

【0009】 表示素子からの光を観察者の眼に導く観察光学系は、表示された映像の質を低下させることなく観察者に提供し得るものであることに加え、使用形態に適する小型軽量のものであることが望ましい。この観点から、光学的パワーをもった反射面を観察光学系に備えることが提案されている。

【0010】 反射面は、屈折角が波長に依存する屈折面と違い、反射角に波長依存性がなく、色収差が発生しない。また、光を収束させる正のパワーを有しながら、ベッツパール値が負となるので全体のベッツパール和の改善に寄与し、周辺でも像面歪曲のほとんどない平面性に優れた映像を提供することができる。しかも、入射光と反射光の光路が一部重なるため、光路長を長くし易い。したがって、光学的パワーをもつ反射面を備えた観察光学系では、小型でありながら、映像の質の低下を避けつつ拡大倍率を大きくし、広視野化を達成することができる。

【0011】 このような特長を有する反射面を観察光学系に備えた頭部載置型表示装置（HMD）が、特開平9-90270号、8-313829号、7-175009号に開示されている。

【0012】

【発明が解決しようとする課題】 前述のように反射型液晶表示器には観察側から照明光を与える必要があり、照明光と反射光の光路が重なる。このため、光源からの未変調の照明光と、変調後の液晶表示器からの反射光を分離する必要が生じる。ところが、上記各公報のHMDで

は、照明光と変調後の光とを分離することができず、表示素子として反射型液晶表示器を用いることができなかった。このため、やや性能の劣る透過型液晶表示器を採用しており、反射面を備えた観察光学系を用いながらも、観察者に提供する映像の質の向上には限界があった。

【0013】一方、反射型液晶表示器を用いたHMDも提案されている。その構成を図5に示す。このHMDでは、反射型液晶表示器91とこれを照明する光源部92の間に、偏光面が垂直な2つの偏光成分の一方を透過させ他方を反射する偏光分離(PBS)ミラー93を配置し、PBSミラー93によって反射された液晶表示器91からの反射光の光路上に観察光学系として接眼レンズ94を配置している。液晶表示器91からの反射光はPBSミラー93によって光源部92からの照明光と分離され、接眼レンズ94によって観察者の瞳EPに導かれる。

【0014】このHMDでは、反射型液晶表示器91により質の高い映像を表示することができる。しかし、観察光学系を屈折面のみで構成しているため、拡大倍率を大きくしようとすると観察者に提供する映像の質が劣化し易くなって、広視野化が困難になる。また、観察光学系を成す接眼レンズ94は精細さに優れた反射型液晶表示器91の特長をできるだけ生かし得るように設計されるが、それにも限界があり、特に大きさに制約のある条件下では、反射型液晶表示器の特長を十分に生かし得る接眼レンズの設計は難しい。

【0015】本発明は、上記問題点を鑑みてなされたもので、使用形態に適した小型、軽量の構成でありながら、より良質の映像を提供し得る映像表示装置を実現することを目的とする。

【0016】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するために、本発明では、観察者の眼前に配置されて、表示した映像の虚像を観察者に提供する映像表示装置に、映像を表示する反射型の液晶表示器と、液晶表示器に与える照明光を供給する光源部と、光源部からの照明光を液晶表示器に導くとともに、液晶表示器の反射光を光源部に向かう方向とは異なる方向に導く半透過性の反射素子と、光学的パワーを有する反射面を少なくとも1つ含み、半透過性の反射素子によって導かれた液晶表示器の反射光を観察者の眼に導いて、液晶表示器に表示された映像の虚像を観察者に提供する観察光学系とを備える。

【0017】この映像表示装置は、前述の多くの特徴を有する反射型液晶表示器によって映像を表示するものであり、質の高い映像を表示することができる。また、観察光学系には光学的パワーを有する反射面が含まれており、表示した映像の質を低下させることなく観察者に提供することができる。照明光と反射光は半透過性の反射素子によって分離されるから、照明光が観察者の眼に導

かれてゴーストが発生することもない。したがって、明るく、精細度が高く、しかも鮮明な映像を提供することが可能である。また、照明光と反射光を分離する半透過性の反射素子は液晶表示器とパワーを有する反射面の間に配置されているため、観察光学系の主点が観察者の眼から大きく離れることが防止されて、アイポイントの確保が容易である。

【0018】観察光学系に含まれる反射面は正のパワーを有する凹反射面とするとよい。この反射面は液晶表示器に表示された映像を拡大して眼に導くことになり、その拡大倍率を大きくしても像面歪曲は生じない。したがって、提供する映像の質の低下を伴うことなく、容易に映像の視野角を大きくすることができる。

【0019】

【発明の実施の形態】以下、本発明の映像表示装置の実施形態について図面を参照しながら説明する。図1に、第1の実施形態の映像表示装置1の光学系の構成を示す。この映像表示装置1は、反射型の液晶表示器11、光源部12、PBSミラー14、およびプリズム16を備えている。

【0020】光源部12は、直線状に配列された複数のランプ12aと導光板12bより成り、液晶表示器11を照明するための照明光を供給する。ランプ12aは偏光面が無秩序な光を発する。導光板12bは、柱状の微小な三角プリズムを平面状に多数配列して成り、ランプ12aからの線状の光を側面から受けて、各プリズムで反射することにより、液晶表示器11の表示面全体を照明し得る径の光束とする。

【0021】PBSミラー14は、導光板12bからの光を反射して液晶表示器11に導くとともに、液晶表示器11からの反射光に含まれる映像を表す光を透過させてプリズム16に導く。PBSミラー14は、P偏光として入射する偏光成分を透過させ、S偏光として入射する光を反射するように設定されている。導光板12bからの光のうち、PBSミラー14に対してS偏光となる偏光成分のみが反射されて液晶表示器11に導かれ、PBSミラー14に対してP偏光となる光は透過して捨てられる。

【0022】液晶表示器11は与えられた照明光を反射するとともに、表示した映像によって照明光を変調して、反射光の一部の偏光面を90°回転させる。映像表示装置1では、偏光面が90°回転した偏光成分が映像を表す光となるように液晶表示器11の駆動を制御する。したがって、液晶表示器11の反射光に含まれる映像を表す光は、PBSミラー14に対してP偏光となりPBSミラー14を透過する。液晶表示器11の反射光に含まれる偏光面が回転しなかった光は、PBSミラー14に対してS偏光のままであり、反射されて捨てられる。

【0023】プリズム16はポリメチルメタクリレート

(PMMA) 製である。プリズム 16 は、PBS ミラー 14 を介して与えられる液晶表示器 11 からの反射光を観察者の瞳 E P に導くもので、これに関与する面として面 17、18、19 を有している。面 17 は平面であり、PBS ミラー 14 からの光を全て透過させるように設定されている。面 18 も平面であるが、面 17 を透過した光が臨界角を超えて入射するように設定されており、面 17 を透過した光は面 18 で全反射される。

【0024】面 19 は光軸に関して非回転対称なアナモルフィック非球面の凸面である。面 19 には全反射性の反射膜が形成されており、面 19 は面 18 側からの光に対して正のパワーを有する凹面ミラーとして作用する。面 19 は、面 18 で全反射された光を反射して、臨界角よりも小さい入射角で面 18 に再度入射させるように設定されている。したがって、面 19 に入射した光は、入射角とは異なる反射角で反射され、面 18 を透過して、収束しながら観察者の瞳 E P に入射する。

【0025】観察者は、面 19 を介して液晶表示器 11 の表示面を視て、表示された映像の拡大された虚像を観察することになる。プリズム 16 の 3 つの面 17、18 および 19 は、照明光から分離された液晶表示器 11 の反射光を瞳 E P に導き、表示された映像の虚像を観察者に提供する観察光学系を成す。このうち面 18 は、入射する方向に応じて光を透過させまたは反射する選択反射面となっている。

【0026】上記構成の映像表示装置 1 は、2 組備えて HMD や手持ち式の双眼鏡型装置とすることができるし、撮影した映像を電気信号に変換するビデオカメラ等の撮影機器に組み込んで、ファインダーとして用いることもできる。映像表示装置 1 では上述のように非共軸光学系の観察光学系を採用しており、これにより、観察者の視線の方向について小型の、すなわち薄型の装置となっている。

【0027】第 2 の実施形態の映像表示装置 2 の光学系の構成を図 2 に示す。この映像表示装置 2 は、反射型の液晶表示器 21、光源部 22、コンデンサレンズ 23、およびプリズム 26 を備えている。光源部 22 は、液晶表示器 21 に供給する照明光を発するランプ 22a と、ランプ 22a が発した光を反射するリフレクタ 22b より成る。コンデンサレンズ 23 は 2 つの凸面 24、25 を有しており、光源部 22 からの照明光を略平行光として液晶表示器 21 に導く。

【0028】プリズム 26 は PMMA 製であり、光の進行に関与する 3 つの面 27、28、29 を有している。面 27 はアナモルフィック非球面の凹面であり、P 偏光を透過させ S 偏光を反射する PBS ミラーとされている。光源部 22 からの偏光面が無秩序な光のうち、P B

S ミラー 27 に対して P 偏光となる偏光成分は透過して捨てられ、PBS ミラー 27 に対して S 偏光となる偏光成分は反射されてコンデンサレンズ 23 に導かれる。光源部 22 からの光は発散光束となっているが、凹面である PBS ミラー 27 によって平行光束に近づけられ、コンデンサレンズによって略平行光束とされて液晶表示器 21 に入射する。

【0029】映像表示装置 2 においても、液晶表示器 21 は、偏光面が 90° 回転した光が映像を表す光となるように制御される。液晶表示器 21 の反射光は、コンデンサレンズ 23 を透過して、PBS ミラー 27 に再度入射する。このうち、映像を表す光は PBS ミラー 27 に対して P 偏光となっており、PBS ミラー 27 を透過して面 28 に向かう。変調後も偏光面が回転しなかった光は、PBS ミラー 27 に対して S 偏光のままであり、反射されて捨てられる。

【0030】面 28 もアナモルフィック非球面の凹面である。面 28 は、PBS ミラー 27 を透過した液晶表示器 21 の反射光が臨界角を超えて入射するように設定されており、PBS ミラー 27 を透過した光は面 28 で全反射される。

【0031】面 29 はアナモルフィック非球面の凸面である。面 29 には全反射性の反射膜が形成されており、面 29 は面 28 側からの光に対して正のパワーを有する凹面ミラーとして作用する。面 29 は、面 28 で全反射された光を反射して臨界角よりも小さい入射角で面 28 に再度入射させるように設定されている。面 29 に入射した光は、入射角とは異なる反射角で反射され、面 28 を透過して、収束しながら観察者の瞳 E P に入射する。

【0032】映像表示装置 2 では、プリズム 26 に設けられた面 (PBS ミラー) 27 が、照明光と液晶表示器 21 の反射光を分離する半透過性の反射素子となる。また、プリズム 26 の 3 つの面 27、28 および 29 が、分離後の反射光を瞳 E P に導き、表示された映像の虚像を観察者に提供する観察光学系を構成する。面 27 は分離のための半透過性の反射素子と観察光学系の一部とを兼ねることになる。

【0033】映像表示装置 2 では、コンデンサレンズ 23 を備えて、光源部 22 を瞳 E P と略共役な位置に配置している。このため、第 1 の実施形態の映像表示装置 1 に必要であった導光板 12b は不要となり、また、光源部 22 としても点状光源であるランプ 22a とリフレクタ 22b を備えればよくなっている。

【0034】映像表示装置 2 の光学系の具体的な設定値を表 1、表 2 に示す。

【0035】

【表 1】

面(符号)	媒質	曲率半径	
1(EP)	AIR	∞	
2(28)	PMMA	11058.404	アナモルフィック非球面 KY= 0.00000 KX= 0.00000 RDX=-341.841 AR=-0.48685 $\times 10^{-5}$ AP=-0.42123 BR= 0.12906 $\times 10^{-8}$ BP=-0.53675 CR=-0.18820 $\times 10^{-9}$ CP=-0.47382 DR= 0.00000 DP= 0.00000
3(29)	PMMA	-68.184	アナモルフィック非球面 KY= 23.380 KX= 22.127 RDX=-56.191 AR= 0.17262 $\times 10^{-4}$ AP=-0.82697 $\times 10^{-1}$ BR=-0.26953 $\times 10^{-8}$ BP=-0.93029 $\times 10^{-2}$ CR= 0.49031 $\times 10^{-8}$ CP= 0.27642 $\times 10^{-2}$ DR=-0.27125 $\times 10^{-10}$ DP= 0.19650 $\times 10^{-1}$
4(28)	PMMA	11058.404	アナモルフィック非球面 KY= 0.00000 KX= 0.00000 RDX=-341.841 AR=-0.48685 $\times 10^{-5}$ AP=-0.42123 BR= 0.12906 $\times 10^{-8}$ BP=-0.53675 CR=-0.18820 $\times 10^{-9}$ CP=-0.47382 DR= 0.00000 DP= 0.00000
5(27)	AIR	99.987	アナモルフィック非球面 KY= 0.00000 KX= 0.00000 RDX= 100.000 AR=-0.17224 $\times 10^{-8}$ AP=-0.51982 $\times 10^{-1}$ BR= 0.32767 $\times 10^{-8}$ BP= 0.25372 $\times 10^{-1}$ CR= 0.10800 $\times 10^{-8}$ CP=-0.10101 $\times 10^{-1}$ DR= 0.00000 DP= 0.00000
6(25)	PMMA	40.000	
7(24)	AIR	-40.000	
8(21)	AIR	∞	
9(24)	PMMA	-40.000	
10(25)	AIR	40.000	
11(27)	AIR	99.987	アナモルフィック非球面 KY= 0.00000 KX= 0.00000 RDX= 100.000 AR=-0.17224 $\times 10^{-8}$ AP=-0.51982 $\times 10^{-1}$ BR= 0.32767 $\times 10^{-8}$ BP= 0.25372 $\times 10^{-1}$ CR= 0.10800 $\times 10^{-8}$ CP=-0.10101 $\times 10^{-1}$ DR= 0.00000 DP= 0.00000
12(23)	AIR	∞	

【0036】

【表2】

面(符号)	XSC	YSC	ZSC	ASC	BSC	CSC
1(EP)	0.000	0.000	0.000	0.00	0.00	0.00
2(28)	0.000	3.340	10.000	14.49	0.00	0.00
3(29)	0.000	0.717	18.781	-15.37	0.00	0.00
4(28)	0.000	3.340	10.000	14.49	0.00	0.00
5(27)	0.000	13.180	12.784	84.78	0.00	0.00
6(25)	0.000	17.891	16.166	44.29	0.00	0.00
7(24)	0.000	19.636	17.955	44.29	0.00	0.00
8(21)	0.000	20.635	18.309	51.78	0.00	0.00
9(24)	0.000	19.636	17.955	44.29	0.00	0.00
10(25)	0.000	17.891	16.166	44.29	0.00	0.00
11(27)	0.000	13.180	12.784	84.78	0.00	0.00
12(23)	0.000	21.147	13.512	119.78	0.00	0.00

【0037】表1において、アナモルフィック非球面に 40 向のサグZを規定するものである(単位mm)。RDX
 関するパラメータは、各面とその光軸との交点を原点と はX軸方向の曲率半径である。
 し、光軸をZ軸としたときの、式1で定義されるZ軸方

【0038】

$$\begin{aligned}
 Z = & (CUX \cdot X^2 + CUY \cdot Y^2) \\
 & / [1 + \{1 - (1 + KX) \cdot CUX^2 \cdot X^2 \\
 & \quad - (1 + KY) \cdot CUY^2 \cdot Y^2\}^{1/2}] \\
 & + AR \cdot \{(1 - AP) \cdot X^2 + (1 + AP) \cdot Y^2\}^2 \\
 & + BR \cdot \{(1 - BP) \cdot X^2 + (1 + BP) \cdot Y^2\}^3 \\
 & + CR \cdot \{(1 - CP) \cdot X^2 + (1 + CP) \cdot Y^2\}^4 \\
 & + DR \cdot \{(1 - DP) \cdot X^2 + (1 + DP) \cdot Y^2\}^5 \quad \text{DDD 式1}
 \end{aligned}$$

ここで、CUX、CUYはX軸方向、Y軸方向の曲率半 50 径の逆数である。

【0039】表2は各面の相対的な位置関係を示したものである。ここでは、瞳EPの中心を原点とし、瞳面（第1面）に対して垂直な軸をZ軸としている。XSC、YSC、ZSCは、各面とその光軸との交点のX、Y、Z座標（単位mm）を表し、ASC、BSC、CSCは、X軸、Y軸、Z軸についての瞳面からの各面の回転角（単位°）を表す。

【0040】第3の実施形態の映像表示装置3の光学系の構成を図3に示す。この映像表示装置3は、反射型の液晶表示器31、光源部32、コンデンサレンズ33、プリズム36およびプリズム41を備えている。光源部32は、液晶表示器31に供給する照明光を発するランプ32aと、ランプ32aが発した光を反射するリフレクタ32bと、光束径を規制する絞り32cより成り、プリズム36に近接して配置されている。コンデンサレンズ33は2つの凸面34、35を有しており、光源部32からの照明光を略平行光として液晶表示器31に導く。

【0041】プリズム36はPMMA製の2つのプリズム36a、36bを接合して成る。プリズム36a、36bの接合面37は曲面であり、P偏光を透過させ、S偏光を反射するPBSミラーとされている。プリズム36は、面37のほか、光の進行に関与する3つの面38、39、40を有している。面38は平面であり、面40は凸面である。面39はアナモルフィック非球面の凸面であり、全反射性の反射膜が形成されている。したがって、面39は面38側からの光に対して正のパワーを有する凹面ミラーとして作用する。

【0042】プリズム41もPMMA製である。プリズム41は平面42と凸面43を有し、面42をプリズム36bの面38の一部に対向させて配置されている。面38と面42は平行である。面38と面42の間には数十 μm 以下の微小な間隙が形成されており、面38と面42によってTIR（total internal reflection）面が構成されている。

【0043】光源部32からの照明光はPBSミラー37に入射し、PBSミラー37に対してP偏光となる偏光成分は透過して捨てられ、PBSミラー37に対してS偏光となる偏光成分は反射されて、面40を介してコンデンサレンズ33に導かれる。光源部32からの光は

発散光束となっているが、凹面であるPBSミラー37および凸面である面40によって平行光束に近づけられ、コンデンサレンズ33によって略平行光束とされて液晶表示器31に入射する。

【0044】映像表示装置3においても、液晶表示器31は、偏光面が90°回転した光が映像を表す光となるように制御される。液晶表示器31の反射光は、コンデンサレンズ33および面40を透過して、PBSミラー37に再度入射する。このうち、映像を表す光はPBSミラー37に対してP偏光となっており、PBSミラー37を透過して面38に向かう。変調後も偏光面が回転しなかった光は、PBSミラー37に対してS偏光のままであり、反射されて捨てられる。

【0045】面38はPBSミラー37を透過した液晶表示器31の反射光が臨界角を超えて入射するように設定されており、PBSミラー37を透過した光は面38で全反射される。前述のように、面38の一部にはプリズム41が対向しているが、面38と面42の間には空気が介在するため、PBSミラー37からの光は面38のどの部位においても全反射される。

【0046】面39は、面38で全反射された光を反射して臨界角よりも小さい入射角で面38に再度入射させるように設定されている。面39に入射した光は、入射角とは異なる反射角で反射され、収束しながら面38を透過し、さらに面42を透過する。この光は、凸レンズとして作用する面43を透過して、さらに収束しながら観察者の瞳EPに入射する。

【0047】映像表示装置3では、プリズム36に設けられた面（PBSミラー）37が、照明光と液晶表示器31の反射光を分離する半透過性の反射素子となる。また、プリズム36の2つの面38、39およびプリズム41の面43が、分離後の反射光を瞳EPに導き、表示された映像の虚像を観察者に提供する観察光学系を構成する。なお、光源部32は瞳EPと略共役な位置にある。

【0048】映像表示装置3の光学系の具体的な設定値を表3、表4に示す。

【0049】

【表3】

面(符号)	材質	曲率半径	
1(EP)	AIR	∞	
2(43)	PMMA	17.532	回転対称非球面
			K= 0.00000
			A= 0.74918×10^{-4}
			C= 0.36265×10^{-7}
			E= 0.29564×10^{-11}
			G= 0.00000
			B= -0.10495×10^{-5}
			D= -0.56350×10^{-9}
			F= 0.00000
			H= 0.00000
3(39)	PMMA	-141.623	アナモルフィック非球面
			KV= -0.99510
			KX= 50.749
			RDY= -126.067
			AR= 0.23736×10^{-4}
			AP= -0.15419
			BR= -0.16049×10^{-6}
			BP= -0.88362×10^{-1}
			CR= 0.64822×10^{-8}
			CP= 0.81547×10^{-1}
			DR= -0.55879×10^{-10}
			DP= 0.98922×10^{-1}
4(38)	PMMA	∞	
5(40)	AIR	-40.000	
6(35)	PMMA	30.000	
7(34)	AIR	-30.000	
8(31)	AIR	∞	
9(34)	PMMA	-30.000	
10(35)	AIR	30.000	
11(40)	PMMA	-40.000	
12(37)	PMMA	70.000	
13(33)	AIR	∞	

【0050】

【表4】

面(符号)	XSC	YSC	ZSC	ASC	BSC	CSC
1(EP)	0.000	0.000	0.000	0.00	0.00	0.00
2(43)	0.000	0.000	10.000	0.00	0.00	0.00
3(39)	0.000	-0.039	18.000	-13.17	0.00	0.00
4(38)	0.000	1.237	13.547	25.00	0.00	0.00
5(40)	0.000	17.558	18.171	74.41	0.00	0.00
6(35)	0.000	17.894	18.293	74.41	0.00	0.00
7(34)	0.000	20.402	16.965	74.41	0.00	0.00
8(31)	0.000	20.722	16.931	71.38	0.00	0.00
9(34)	0.000	20.402	16.965	74.41	0.00	0.00
10(35)	0.000	17.894	18.293	74.41	0.00	0.00
11(40)	0.000	17.558	16.171	74.41	0.00	0.00
12(37)	0.000	12.260	14.893	84.41	0.00	0.00
13(33)	0.000	17.348	22.118	-0.59	0.00	0.00

【0051】表3中のアナモルフィック非球面に関するパラメータは、前述の式1を規定するものである。表4中の各パラメータも前述のとおりである。表3において、回転対称非球面に関するパラメータは、各面とその

$$Z = c \cdot h^2 / [1 + \{1 - (1 + K) \cdot c^2 \cdot h^2\}^{1/2}] + A \cdot h^4 + B \cdot h^6 + C \cdot h^8 + D \cdot h^{10}$$

ここで、 $h = (X^2 + Y^2)^{1/2}$ であり、 c は曲率半径の逆数である。

【0053】映像表示装置3では、面42を備えて、これと面38とでTIR面を構成するようにしたことにより、面38を透過した光を全て直進させることが可能になっている。したがって、面38によって全反射された光を臨界角未満で面38に再入射させるために、面38に対して傾けて配置する必要がある凹面ミラー39の傾きを、小さくすることができる。その結果、凹面ミラー39の偏心量が少なくなると、偏心収差の発生が抑制される。

【0054】しかも、凹面ミラー39に加えて凸レンズ面43を備えたことにより、液晶表示器31からの反射光を収束させるパワーが両者に分散されている。このため、凹面ミラー面39の曲率を小さくすることが可能と

30 光軸との交点を原点とし、光軸をZ軸としたときの、式2で定義されるZ軸方向のサグZを規定するものである(単位mm)。

【0052】

DDD式2

なり、偏心収差の発生が一層抑えられる。

【0055】また、正のパワーを有する面43が瞳EPの近くに位置するため、アイポイントの確保も容易になっている。

40 【0056】第4の実施形態の映像表示装置4の光学系の構成を図4に示す。この映像表示装置4は、反射型の液晶表示器51、光源部52、コンデンサレンズ53、PBSミラー54、およびパンケーキ型光学素子56を備えている。PBSミラー54は、P偏光を透過させS偏光を反射するように設定されており、液晶表示器51は、偏光面が90°回転した光が映像を表す光となるように制御される。

50 【0057】光源部52からの照明光のうちPBSミラー54に対してS偏光となる成分は、反射されてコンデンサレンズ53に導かれる。コンデンサレンズ53は、

この光を略平行光束として液晶表示器 51 に入射させる。液晶表示器 51 によって変調され反射された光は、コンデンサレンズ 53 を透過して、PBS ミラー 54 に入射する。このうち映像を表す偏光成分のみが PBS ミラー 54 を透過し、光学素子 56 に入射する。

【0058】光学素子 56 の PBS ミラー 54 側の面 57 は凸面であり、ハーフミラーとされている。光学素子 56 の他方の面 58 は凹面であり、コレステリック液晶層が設けられて、選択反射面とされている。光学素子 56 に入射する光の半分は面 57 を透過し、やや収束しながら面 58 に入射する。この光は面 58 で反射されて面 57 に再度入射し、半分が反射される。面 57 によって反射された光は、さらに収束しながら面 58 を透過して、観察者の瞳 EP に入射する。

【0059】映像表示装置 4 では、観察光学系は 2 つの面 57、58 で構成され、このうち面 57 が正のパワーを有する凹面ミラーとなっている。このようにきわめて簡素な構成でありながら、映像表示装置 4 は明るく、精細度が高く、視野の広い鮮明な映像を観察者に提供することができる。

【0060】

【発明の効果】本発明の映像表示装置では、反射型の液晶表示器によって、明るくかつ精細度の高い映像を表示し、光学的パワーを有する反射面を含んだ観察光学系によって、表示した映像の質を維持したまま液晶表示器からの反射光を観察者の眼に導くことができる。また、半透過性の反射素子によって照明光と反射光が分離され、反射光への照明光の混入によるゴーストの発生も防止される。したがって、観察者に優れた質の映像を提供することができる。

【0061】観察光学系に含まれる反射面を正のパワーを有する凹反射面とする構成では、その反射面による拡大倍率を大きくしても像面の歪曲は生じないから、質に優れかつ視野の広い映像を提供することが可能である。

【図面の簡単な説明】

【図 1】 第 1 の実施形態の映像表示装置の光学系の構成を示す図。

【図 2】 第 2 の実施形態の映像表示装置の光学系の構成を示す図。

【図 3】 第 3 の実施形態の映像表示装置の光学系の構成を示す図。

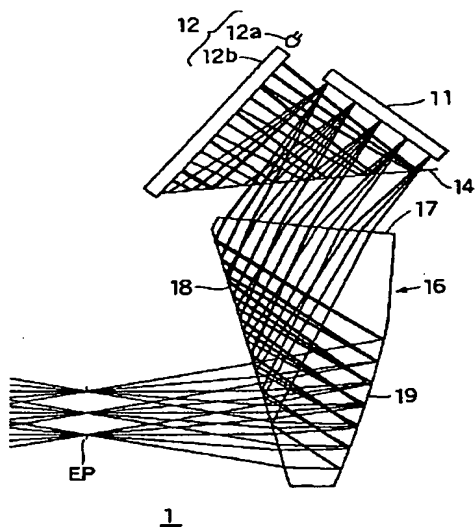
【図 4】 第 4 の実施形態の映像表示装置の光学系の構成を示す図。

【図 5】 従来の映像表示装置の光学系の構成を示す図。

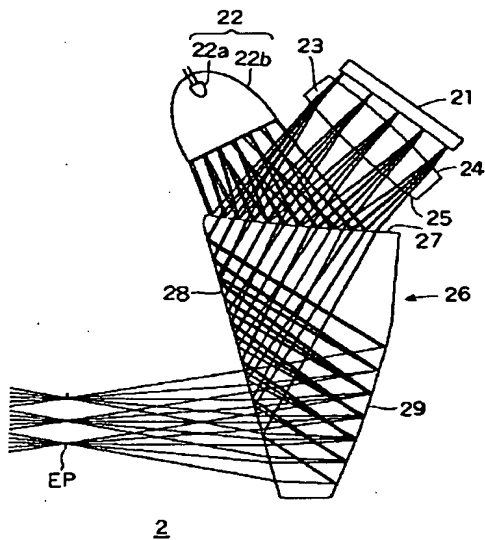
【符号の説明】

1	映像表示装置
11	反射型液晶表示器
12	光源部
14	PBS ミラー（半透過性反射素子）
16	プリズム
17	プリズム面（観察光学系）
18	プリズム面（観察光学系）
19	プリズム面（凹面ミラー、観察光学系）
2	映像表示装置
21	反射型液晶表示器
22	光源部
23	コンデンサレンズ
24	コンデンサレンズ面
25	コンデンサレンズ面
26	プリズム
27	プリズム面（PBS ミラー、半透過性反射素子、観察光学系）
28	プリズム面（観察光学系）
29	プリズム面（凹面ミラー、観察光学系）
3	映像表示装置
31	反射型液晶表示器
32	光源部
33	コンデンサレンズ
34	コンデンサレンズ面
35	コンデンサレンズ面
36	プリズム
37	プリズム接合面（PBS ミラー、半透過性反射素子）
38	プリズム面（観察光学系）
39	プリズム面（凹面ミラー、観察光学系）
40	プリズム面
41	プリズム
42	プリズム面
43	プリズム面（観察光学系）
4	映像表示装置
51	反射型液晶表示器
52	光源部
53	コンデンサレンズ
54	PBS ミラー（半透過性反射素子）
56	バンケーキ型光学素子
57	光学素子面（凹面ミラー、観察光学系）
58	光学素子面（観察光学系）
EP	瞳

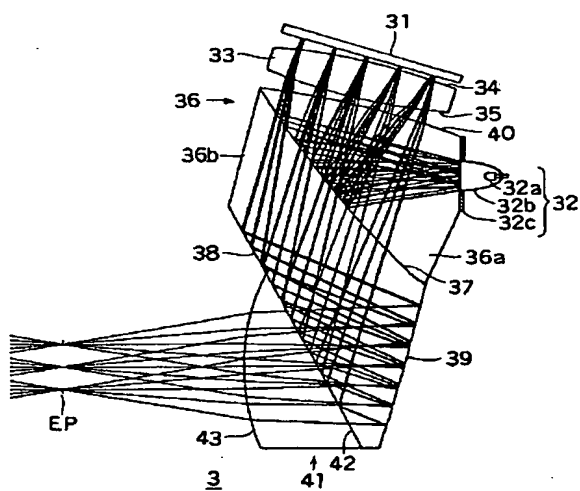
【図1】



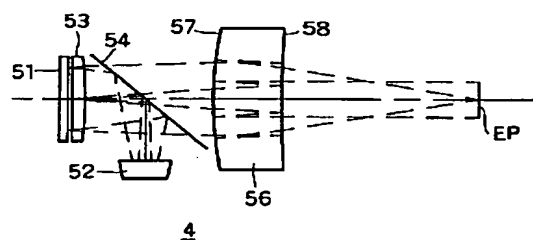
【図2】



【図3】



【図4】



【図5】

